Aus dem Arbeitsphysiologischen Institut der Universität Breslau
Direktor: Prof. Dr. Adolf Basler

Weitere Untersuchungen über den Reibungswiderstand der Haut.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau.

Vorgelegt von

Gerhard Kalinowski.

Breslau 1939.

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10, Wörtherstraße 6

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. A. Basler
II. Referent: Prof. Dr. Gottron
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern in Dankbarkeit!

Über den Reibungswiderstand der Haut liegen bisher nur Untersuchungen von Basler und seinen Schülern vor, die sich lediglich auf die Hohlhand und die Fußsohle beziehen. Während die ersten [1]) Arbeiten sich nur nebenbei mit dem Reibungswiderstand befassen, hat Ruppelt [2]) die Verhältnisse für die Hohlhand und die Fußsohle systematisch aufzuklären versucht. Schon bei den ersten Untersuchungen dieser Art konnte Basler große Unterschiede je nach der Lufttemperatur und der Feuchtigkeit feststellen. Aber mitunter zeigen sich auch Abweichungen ohne irgendwelche physikalische Unterschiede der äußeren Luft. Das ist durchaus nicht verwunderlich, denn wir müssen von vornherein bedenken, daß wir es nicht mit einer toten Substanz zu tun haben, sondern mit einem lebenden, komplizierten Organ, und daß infolgedessen der Haftungswiderstand sicherlich nicht nur von der morphologischen Beschaffenheit der Haut allein (Verhornung, Anzahl der Hautleisten und dergleichen), sondern auch von dem jeweiligen Zustand ihrer Drüsentätigkeit abhängt.

Problemstellung.

Wie man sieht, bestehen in unseren Kenntnissen über den Reibungs- bzw. Haftungswiderstand der Haut noch große Lücken. Deshalb hat mich Herr Professor Basler aufgefordert, einmal den Haftungswiderstand der Haut für noch andere Körperstellen zu untersuchen und weiterhin den Zusammenhang zwischen Haftungswiderstand auf der einen und Schwielenbildung sowie Schweißsekretion auf der anderen Seite festzustellen.

Methodik für die Untersuchung des Haftungswiderstandes.

So habe ich zunächst den Haftungswiderstand an verschiedenen Körperstellen unter möglichst gleichen äußeren Bedingungen (Temperatur und Feuchtigkeit der Luft) und bei möglichst

---

[1]) A. Basler: Das Gehen, Canton 1929, S. 206. — A. Basler: Beitrag zur Physiologie des Bergsteigens, Canton 1933, S. 20. — A. Basler und H. Schuster: Zeitschrift für Sinn, Bd. 66, S. 33 (41) 1935.

[2]) E. Ruppelt: Zeitschrift für Biologie, Bd. 98, S. 49, 1937 und: Über einige mechanische Eigenschaften der menschlichen Haut, Dissertation, Breslau 1937.

gleichem Zustand der Versuchsperson zu ergründen versucht.

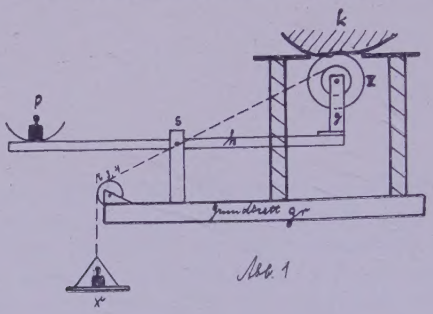

Abb. 1

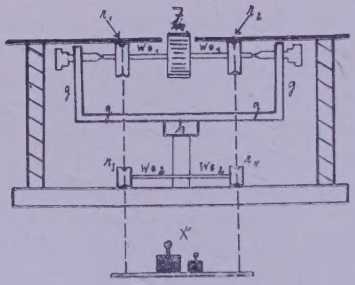

Abb. 2

Zur Messung des Haftungswiderstandes benutzte ich einen von Herrn Prof. Basler angegebenen Apparat, der im folgenden kurz beschrieben sei. Der Apparat besteht aus einem doppelarmigen Hebel h mit dem Drehpunkt s. An dem einen Ende des Hebels h (Abb. 1) befindet sich eine Gabel g, zwischen deren beiden senkrecht angeordneten Pfeilern sich die Welle w_1 dreht. Diese Welle trägt in der Mitte den Holzzylinder z und an den beiden Enden die je mit einer Rille versehenen Rädchen r_1 und r_2. In einer am anderen Ende des Hebels angebrachten Schale befindet sich das Gewicht P, das den Zweck hat, den Holzzylinder dauernd mit einer bestimmten Kraft gegen den darüber liegenden Körperteil zu drücken. Dieses Gewicht, bei dem die ganze Untersuchung stattfindet, wird von Basler als Prüfungsgewicht bezeichnet. Es betrug für alle meine Untersuchungen 100 g. Die Welle w_1 läßt sich mit Hilfe zweier Fäden, die um die Rädchen r_1 und r_2 gelegt sind, nach vorn abrollen. Die beiden Fäden laufen über eine zweite Welle w_2, die an der vorderen Kante der Grundplatte gr angebracht ist. An den Fäden hängt eine Schale, die mit dem Gewicht x belastet werden kann, das die Welle abrollen läßt. Die Gabel ist, wie Abb. 1 und 2 zeigen, überdacht,

um für den zu untersuchenden Körperteil k eine Lagerung zu haben. Aus der Überdachung selbst wurde ein rechteckiges Stück herausgesägt, derart, daß der Holzzylinder ein klein wenig über die Ebene der Überdachung hinausragen kann. Mit zunehmender Belastung der Gewichtsschale kommt es infolge der Elastizität der Haut zunächst zu einer wachsenden tangentialen Verschiebung derselben; erst wenn diese einen gewissen Höchstwert erreicht hat, gerät die Gewichtsschale in Bewegung, wodurch der Holzzylinder in Drehung versetzt wird. Aus dem auf die Schale x gelegten Gewicht, dem Reibungsgewicht, läßt sich die Größe des Haftungswiderstandes der Haut entnehmen. Da die Rädchen halb so groß sind wie der Holzzylinder, ist die an jedem Punkt ihrer Peripherie hervorgebrachte Kraft die Reibungskraft $R = x/_2$.

Das sukzessive Auflegen von Teilgewichten, bis der Zylinder in Bewegung gerät, hat sich für meine Zwecke nicht als gangbar erwiesen. Um die Haut durch den Zylinder nicht zu lange zu reizen, mußte der einzelne Versuch in möglichst kurzer Zeit ausgeführt werden. Deshalb belastete ich die Gewichtsschale x dadurch, daß ich durch einen Schlauch in einen auf der Gewichtsschale befestigten kleinen Behälter Wasser fließen ließ. Durch eine geeignete Vorrichtung war dafür gesorgt, daß in dem Augenblick, wo die Schale in Bewegung geriet, der Wasserstrahl unterbrochen wurde. Das Reibungsgewicht wird durch Messung der in den Behälter geflossenen Wassermenge bestimmt.

Physikalische Begriffe.

Ehe ich auf meine Versuche selbst eingehe, sei einiges gesagt über die im folgenden gebrauchten Ausdrücke.

Der Reibungswiderstand kann definiert werden als der Widerstand, der einem Objekt beim Gleiten über eine Unterlage entgegenwirkt. Das ist der Reibungswiderstand im engeren Sinne. Man kann aber auch die Kraft messen, die notwendig ist, einen in Ruhe befindlichen Gegenstand über eine Unterlage hinweg in gleitende Bewegung zu versetzen; auf diese Weise wird der „Reibungswiderstand aus der Ruhe“ oder „Haftungswiderstand“ bestimmt. Ich ermittelte immer den Reibungswiderstand aus der Ruhe, wie das auch früher allgemein im Baslerschen Institut gemacht wurde.

Unter dem Reibungskoeffizienten n versteht die Physik den Quotienten Reibungskraft durch Prüfungsgewicht R/P. Von diesen Werten läßt sich jeder sehr leicht aus den anderen berechnen, da sie bei der oben angegebenen Baslerschen Apparatur in einfachen Beziehungen zueinander stehen. Die Reibungskraft $R = {}^1/_2$ Reibungsgewicht, und der Reibungskoeffizient $n = R/_{100}$.

Reibungsgewicht an verschiedenen Körperstellen.

Ich habe zunächst das Reibungsgewicht an verschiedenen Körperstellen untersucht. Einen Überblick über die Ergebnisse mag zunächst die Tabelle 1 geben; in ihr sind die größten, kleinsten und mittleren Werte für sämtliche Versuchspersonen zusammengestellt. Unter „Arm" ist der Unter- und Oberarm, unter „Bein" der Unter- und Oberschenkel zusammengefaßt. Ebenso sind die Ergebnisse für die Handteller, den Daumen- und Kleinfingerballen, diejenigen für die Fußsohle, an Ferse, Großzehen- und Kleinzehenballen gewonnen. Der Einfachheit halber habe ich stets das unmittelbar gefundene Reibungsgewicht eingetragen. Will man daraus den Reibungswiderstand ermitteln, so braucht man nur die verzeichneten Werte durch 2 zu dividieren und zur Erlangung des Reibungskoeffizienten nochmals durch 100 zu dividieren.

Tabelle 1.

Körperteil	Reibungsgewicht x		
	Größter Wert	Kleinster Wert	Mittelwert
1. Handrücken	54	45	49
2. Fußrücken	79	49	62
3. Arm	72	49	56
4. Bein	70	46	54
5. Brust	57	48	52
6. Rücken	56	47	52
7. Handteller	155	60	115
8. Fußsohle	153	60	95
9. Gesicht	55	45	50

Vergleichen wir die Ergebnisse miteinander, so können wir — wenn wir zunächst einmal Handteller und Fußsohle außer acht lassen — feststellen, daß zwar Unterschiede in bezug auf die Größe des Reibungswiderstandes bei den einzelnen Hautbezirken bestehen, daß jedoch diese Unterschiede relativ gering sind. Am kleinsten zeigte sich der Reibungswiderstand auf dem Handrücken und im Gesicht; etwas größere Werte erhielt ich für den Rumpf (Brust und Rücken), noch größere Werte für Arm und Bein. Für den Fußrücken war die Variationsbreite schon größer. Die auffallendsten Schwankungen (bis zu 100 v. H.) zeigten sich an der Haut des Handtellers und der Fußsohle, wo sehr hohe und sehr niedrige Werte auftraten.

Es ist naheliegend, diese großen Differenzen in Verbindung zu bringen mit dem eigentümlichen anatomischen Aufbau der Haut des Handtellers und der Fußsohle und mit einer verschieden starken Hautsekretion, die ja bei den einzelnen Menschen bekanntlich verschieden ist. Ob und inwieweit die Hautsekretion tatsächlich einen Einfluß auf die Größe des Reibungswiderstandes hat, muß noch näher untersucht werden.

Individuelle Verschiedenheiten.

Durch die Person bedingte Unterschiede lassen sich aus Tabelle 1, die nur einen Gesamtüberblick geben sollte, nicht ersehen. Wie die nachfolgenden Tabellen zeigen, gibt es solche Unterschiede tatsächlich. Darin erkennt man, daß Gesichtshaut und Handrücken die kleinsten Werte ergaben, der Rumpf eine Mittelstellung einnahm und die Arme und Beine etwas größere Werte hatten. Doch, wie schon betont, sind die durch die Versuchsperson bedingten Unterschiede nicht erheblich. An der Fußsohle und am Handteller jedoch war das Reibungsgewicht bei den einzelnen Versuchspersonen oft erheblich verschieden.

Tabelle 2

Körperteil	Versuchspersonen											
	Werner H.			Hans H.			Frau H.			Helmut Th.		
	Größt. Wert	Kleinst. Wert	Mittelwert	Größt. Wert	Kleinst Wert	Mittelwert	Größt. Wert	Kleinst. Wert	Mittelwert	Größt. Wert	Kleinst. Wert	Mittelwert
Handrücken	54	47	51	49	44	47	52	48	50	53	46	50
Fußrücken	58	49	53	75	65	72	—	—	—	70	55	62
Arm	61	50	55	64	50	56	55	50	53	72	49	59
Bein	70	48	53	65	46	53	—	—	—	60	50	55
Brust	57	52	54	55	58	51	—	—	—	—	—	—
Rücken	55	49	52	56	47	52	—	—	—	—	—	—
Handteller	145	111	131	155	132	142	85	64	71	140	96	115
Fußsohle	153	78	108	125	66	108	138	99	115	94	60	81
Gesicht	55	48	52	53	46	49	52	48	50	52	45	49

Die Volarfläche der Fingerglieder.

Die Fingerspitzen und gerade ihre Greifflächen wurden noch einer besonderen Untersuchung unterworfen.

Die Ergebnisse dieser Reihe sind in den hier folgenden Tabellen 3—5 niedergelegt. Die Versuchspersonen habe ich mit großen lateinischen Buchstaben (A—F) bezeichnet.

Tabelle 3

	Versuchsperson A (Studentin)					Versuchsperson B (Schwerarbeiter)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	156	152	170	136	173	74	131	125	118	111
	154	158	181	171	168	72	122	123	117	108
	151	168	178	181	180	70	118	122	117	104
	151	153	180	180	182	78	130	113	126	96
	148	165	172	182	180	71	124	124	122	100
	150	164	179	179	176	71	113	122	118	116
						83	124	125	126	109
Mittelwerte	152	160	177	178	176	74	123	122	121	106

Tabelle 4

	Versuchsperson C (Student)					Versuchsperson D (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	138	155	182	157	162	138	140	158	163	158
	138	154	165	167	163	138	138	165	168	158
	133	150	170	163	159	128	150	158	153	153
	143	156	178	164	160	141	154	163	148	158
	132	148	166	162	158					
	136	145	159	158	164					
Mittelwerte	137	151	170	162	161	136	145	161	158	156

Tabelle 5

	Versuchsperson E (Student)					Versuchsperson F (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	134	129	150	157	144	132	148	163	158	153
	131	139	150	159	141	128	148	148	153	158
	129	138	150	154	149	128	148	143	163	163
	127	138	148	198	139	130	138	163	146	143
						127	163	168	145	148
Mittelwerte	129	149	157	155	157	129	149	156	155	157

Es ließ sich eine weitere Tatsache feststellen: Bei Messung des Haftungswiderstandes von sämtlichen fünf Fingerbeeren einer Hand zeigte es sich, daß das kleinste Reibungsgewicht und somit den kleinsten Haftungswiderstand immer der Daumen besaß.

In der folgenden Tabelle sind (als Zusammenfassung der vorangehenden Tabellen) für einige Versuchspersonen die Gewichte verzeichnet, die ein Gleiten des Zylinders auf der Haut

eines jeden Fingers zur Folge hatten. Jede Zahl ist gewonnen als Mittelwert von vier bis sechs Einzelwerten.

Tabelle 6.

Versuchsperson	Finger				
	I	II	III	IV	V
A Studentin	152	160	177	178	176
B Schwerarbeiter	74	123	122	121	106
C Student	137	151	170	162	161
D Student	136	145	161	158	156
E Student	130	136	149	159	143
F Student	129	149	157	155	157

Während der Reibungswiderstand vom Daumen beginnend nach der Kleinfingerseite hin fortschreitend zunimmt oder zum mindesten gleichbleibt, wird er bei den meisten Versuchspersonen am kleinen Finger wieder etwas kleiner.

Wie wir es oben schon für die Hohlhand und die Fußsohle gesehen hatten, so ist auch der Haftungswiderstand einer bestimmten Fingerspitze bei den einzelnen Personen oft sehr verschieden. Ganz besonders zeigt sich das bei Vergleich der Ergebnisse von Versuchsperson A (Studentin) mit dem größten und B (Schwerarbeiter) mit dem kleinsten Wert. Man könnte also daraus folgern, daß die Ursache der zwischen den einzelnen Versuchspersonen so stark wechselnden Größe der Werte in der mehr oder weniger starken Verhornung der Haut zu suchen ist. Das sind Beobachtungen, die mit den Ergebnissen von Ruppelt[3]) übereinstimmen. Wenn aber dort bei weiblichen Versuchspersonen ein geringerer Haftungswiderstand festgestellt wurde als bei männlichen, dann mußten noch andere Bedingungen mitsprechen.

Die Finger der rechten und der linken Hand zeigten bei drei Versuchspersonen keine wesentlichen Unterschiede, bei zwei anderen wiesen die Finger der rechten Hand im Vergleich zur linken etwas geringere Werte auf, was infolge der Mehrbeanspruchung der rechten Hand durchaus erklärlich ist, und nur bei einer Versuchsperson (ebenfalls Rechtshänder wie die anderen) fand ich links etwas größere Werte als rechts. Diese Versuchsperson ist aber Geiger, was eine stärkere Verhornung der Fingerbeeren erklärlich macht.

Nachdem die Ergebnisse der Untersuchung an der normalen Haut vorlagen, interessierten vor allem zwei Momente, nämlich:

1. Der Einfluß der Schweißsekretion auf den Haftungswiderstand.

[3]) E. Ruppelt: Zeitschrift für Biologie, Bd. 98, S. 49 (51) 1937.

2. Der Einfluß der Lipoide.

Ehe ich auf meine Untersuchungen selbst eingehe, seien erst einige einleitende Bemerkungen über den

Chemismus der Hautausscheidungen

vorausgeschickt.

Vola manus und Planta pedis gehören zu den wenigen Stellen des Körpers, die völlig haarlos sind. Talgdrüsen, die ja an Haarfollikel gebunden sind, finden wir daher auch nicht, dafür aber um so mehr Schweißdrüsen. Mit dem Handschweiß werden gleichzeitig fettähnliche Substanzen ausgeschieden. Ein einfacher Versuch kann uns davon überzeugen: Drückt man die Volarfläche eines Fingers gegen eine Glasscheibe, so bleibt ein Abdruck zurück. (Reiner Schweiß würde bis auf kleine nicht sichtbare Salzreste verdunsten.) Noch deutlicher läßt sich das Vorhandensein von Fettsubstanzen nachweisen, wenn man mit einem mit Äther getränkten Wattebausch eine größere Fläche der Vola manus abreibt und dann den Wattebausch über Spiegelglas ausdrückt. Nach Verdunsten des Lösungsmittels bleibt ein deutlich sichtbarer Rückstand zurück, der sich fettig anfühlt.

Mit der Frage der Herkunft dieser Fettsubstanzen haben sich besonders Unna[4]) und Golodetz[5]) eingehend beschäftigt. Unna unterscheidet neben dem eigentlichen Sekretfett noch das Zellfett (Eigenfett), das die Hornschicht selbst produziert. Vor allem ist es die Oleïnsäure, die unmittelbar nach Vollendung des Verhornungsprozesses in den basalen Hornzellen auftritt und durch Osmierung der Haut nachgewiesen werden kann. Sie erzeugt nicht nur frei, sondern auch als Oleat mit Osmiumsäure eine Schwärzung. Die Verhornung ist zwar bereits im Stratum lucidum, einer Zellage zwischen Körnerschicht und basaler Hornschicht vollendet, aber diese infrabasale Zellschicht (nach Unna) wird nicht von der Osmiumsäure geschwärzt, da in ihr noch die Ölsäure fehlt. Statt dessen ist sie von der Muttersubstanz der Ölsäure, dem Glykogen, erfüllt, das Unna hier chemisch nachweisen konnte. Unna vermutet, daß das Glykogen seinerseits aus dem Keratohyalin (Waldeyer) der darunterliegenden Körnerschicht hervorgeht, vermutlich aus dem Zerfall der in dieser Schicht verschwindenden Nukleïnsäure. Das Glykogen bildet nun wieder die Muttersubstanz für die Ölsäure, und diese wiederum verbindet sich schließlich mit Cholesterin zu ölsauren Cholesterinestern, aus denen die charakteristischen Hautfette zum größten Teil bestehen.

---

[4]) P. G. Unna: Histochemie der Haut, 1928.

[5]) P. G. Unna und L. Golodetz: Die Hautfette, Biochemische Zeitschrift 20, 1909.

Woher stammt nun aber das Cholesterin? Dieses ist bekanntlich ein charakteristischer Bestandteil aller jungen Zellen und so auch der Epithelien der Haut und ganz besonders der Keimschicht des Deckepithels und des sezernierenden Teiles der Knäueldrüsen. Die Bildung von ölsauren Cholesterinestern aus freiem Cholesterin und Ölsäure geht Hand in Hand mit der Verhornung.

Daß den Zellen selbst die Fähigkeit zugesprochen werden muß, aus sich heraus eine wohl charakterisierte fettige Substanz zu bilden, beweist nach meiner Ansicht die Narbe. Innerhalb einer Narbe fehlen sämtliche Schweißdrüsen; sie ist daher immer trocken. Es fehlen ferner die Talgdrüsen; trotzdem ist die Narbe, auch wenn sie eine größere Fläche einnimmt, niemals spröde, sondern ebenso geschmeidig wie die übrige Haut.

Der Einfluß von Wärme auf den Haftungswiderstand der Fingerhaut.

Ich ließ zunächst einige Minuten lang auf die Fingerhaut einen trockenen warmen Luftstrom einwirken (Föhn) und bestimmte danach von neuem den Haftungswiderstand. Die nachfolgende Tabelle 7 bildet die Fortsetzung von Tabelle 3 linke Seite, S. 6. Sofort nach der Föhnwirkung waren die Werte viel kleiner als vorher. Diese Abnahme des Haftungswiderstandes erkläre ich mir durch das Trocknen der Haut. Mit der Zeit stiegen die Werte wieder an und erreichten schließlich innerhalb einer Zeit von 45—60 Minuten wieder die vorher an der normalen Haut erhaltenen Werte. Ähnliche Ergebnisse erhielt ich auch bei den übrigen Versuchspersonen.

Tabelle 7.

Zeit	Versuchsperson A Finger				
	I	II	III	IV	V
10 Uhr 0	120	124	142	147	166
10 Uhr 10	120	130	135	161	188
10 Uhr 20	137	168	178	210	182
10 Uhr 30	152	163	174	188	178
10 Uhr 40	151	157	168	183	175
Von jetzt ab ziemlich gleichbleibend.					

Durch die trockene Wärme wurde eine Hyperämie der Haut erzeugt, die wiederum eine vermehrte Schweißsekretion zur Folge hatte. Aber dieses vermehrte Auftreten von Schweiß zeigte sich nicht erst nach 10 Minuten wie es zu erwarten wäre, sondern schon einige Sekunden nach Beginn der Widerstandsbestimmungen, das heißt, kurz nach 10 Uhr 0; vorher war die Haut unter dem

Einfluß des warmen Luftstromes allerdings völlig trocken. Daß ein kleinerer Haftungswiderstand nach der Föhnwirkung auftrat, ist nicht weiter verwunderlich. Der Haftungswiderstand blieb jedoch weiter klein, trotzdem bereits objektiv eine starke Schweißbildung nachzuweisen war. Das ist ein Beweis, daß man nicht so ohne weiteres sagen kann, Schweiß vermehre den Haftungswiderstand. Es ist bekannt und durch Versuche erhärtet worden, daß unter bestimmten Bedingungen eine Schweißsekretion mit einem großen, unter anderen Bedingungen mit einem kleineren Haftungswiderstand einhergeht. Diese Verschiedenheiten sind sowohl von Woitzik[6]) als auch von Ruppelt[7]) mit der verschieden starken Schweißsekretion erklärt worden, aber diese Erklärungsversuche dürften nicht vollkommen ausreichen.

Vergleichung der Schweißsekretion verschiedener Finger mit dem zugehörigen Haftungswiderstand.

Um etwaige Beziehungen zwischen der Schweißdrüsensekretion einerseits und den bisher gewonnenen Ergebnissen des Haftungswiderstandes andererseits aufstellen zu können, mußte ich versuchen, auf irgendeinem Wege die Menge des produzierten Schweißes festzustellen. Auf Anraten von Herrn Prof. Basler tat ich das durch die Messung des Ohmschen Widerstandes der obersten Epidermisschichten an den Volarflächen der Fingerendglieder, womit ich also die relative Größe der Schweißmenge durch den Grad der Leitfähigkeit feststellen konnte.

Ich verwendete dazu die Wheatstonesche Brücke, an die ich eine Wechselstromquelle legte, um mit Hilfe eines Kopfhörers (T) den Nullpunkt abhören zu können. Bei dieser klassischen Anordnung bekam ich aber an Stelle des Nullpunktes nur ein verwaschenes, breites Minimum, wodurch eine exakte Widerstandsmessung ausgeschlossen war.

Einwandfrei wurde der Nullpunkt dagegen, wenn der Meßdraht von einem zerhackten Gleichstrom durchflossen wurde. Ich legte also an den Meßdraht (0 –50) eine Gleichspannung von 4 Volt, die ich einem Akkumulator (Ak) entnahm. Vgl. Abb. 3. Ein von dem gleichen Akkumulator betriebener Wagnerscher Hammer (WH) diente lediglich dazu, einen an ihm isoliert angebrachten Unterbrecher (U), der in den Telephonkreis eingeschaltet war, in Tonfrequenz zu unterbrechen. Der das Telephon durchfließende Gleichstrom machte sich dem Untersucher durch

[6]) P. Woitzik: Über das Auf- und Abwärtsgehen unter verschiedenen Bedingungen. Dissertation, Breslau 1936 und

[7]) E. Ruppelt: Über einige mechanische Eigenschaften der menschlichen Haut. Dissertation, Breslau 1936.

seine rhythmische Unterbrechung als ein durch die Hammerfrequenz bestimmter Ton bemerkbar.

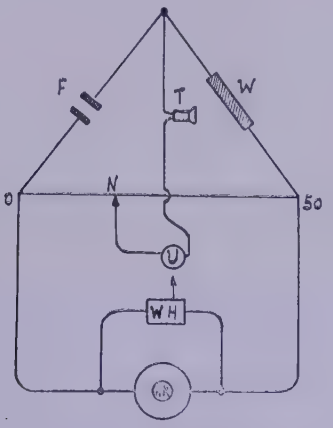

Abb. 3

Als bekannten Widerstand mußte ich, damit der Schleifkontakt ungefähr in die Mitte des Meßdrahtes zu liegen kam, 100 000 Ohm einschalten.

Um einen immer gleichmäßigen Druck der Elektroden gegen den zu untersuchenden Finger zu gewährleisten, verwendete ich eine kleine Wippe, deren einer Arm das soeben erwähnte Elektrodenpaar trug, während der andere mit einem Gewicht (G) von 100 g belastet wurde. Siehe Abb. 4.

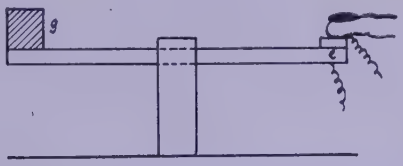

Abb. 4

Von dem Augenblick an, wo die Versuchsperson den Finger auf die Elektroden legt, sammelt sich zwischen der Unterlage und der Fingerhaut langsam aber stetig Schweiß an. Dies macht sich durch ein Wandern des Nullpunktes im Sinne eines abnehmenden Widerstandes der Fingerbeerenhaut bemerkbar. Deshalb bestimmte ich den Nullpunkt immer erst dann, wenn die Fingerbeere genau 15 Sekunden auf den Elektroden gelastet hatte.

Zur Berechnung des wirklichen zwischen den Elektroden liegenden Widerstandes (X) ist die Beziehung maßgebend:

$$\frac{X}{W} = \frac{O\,N}{N\,50}$$

X = Widerstand der Fingerbeerenhaut.
W = Vergleichswiderstand 100000 Ohm.
O N = Die beiden durch den Nullpunkt N gebildeten
N 50 Teilstrecken einer unter den Meßdraht gelegten 50teiligen Skala.

Diese besagt, daß der Nullpunkt N sich um so mehr nach der 50 der Skala verschiebt, je größer der Widerstand X wird. Der absolute elektrische Widerstand kann also leicht aus dem unter dem Nullpunkt abgelesenen Skalenwert ermittelt werden.

Die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Zahlen bedeuten die Ohmzahl in Tausend.

Tabelle 8.

	Versuchsperson C (Student)					Versuchsperson D (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	255	273	405	350	335	203	372	390	410	644
	222	291	338	400	372	218	359	567	510	444
	218	298	354	449	324	268	346	385	664	525
	209	262	327	371	338	273	327	346	400	405
	225	270	335	385	376	205	238	390	354	525
	235	279	338	376	335					
Mittelwerte	227	279	291	376	346	231	324	405	443	495

	Versuchsperson E (Student)					Versuchsperson F (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	231	220	733	900	2400	227	255	282	346	324
	212	285	793	987	3025	238	291	306	410	364
	247	324	826	987	2531	211	262	300	376	376
	252	291	720	987	2678	222	279	285	400	405
Mittelwerte	233	276	762	964	2678	225	270	294	381	364

Das Ergebnis meiner Untersuchungen war ein gänzlich unerwartetes; es zeigte sich nämlich, daß die Oberfläche der Daumenfingerbeere übereinstimmend bei allen Versuchspersonen die beste Leitfähigkeit und somit die stärkste Schweißsekretion aufwies, und daß der elektrische Widerstand nach dem kleinen Finger hin an Größe zunahm.

Leitungswiderstand und Verhornung.

Vergleichen wir die Leitfähigkeit der Fingeroberfläche mit dem Grad der Verhornung der Haut, dann läßt sich beobachten, daß der Widerstand für den elektrischen Strom besonders groß war an zarter, wenig verhornter Haut, daß aber bei abgearbeiteten Fingern die Leitfähigkeit und somit — wie wir wohl annehmen

dürfen — die Schweißsekretion sich als vergrößert erwies. In diesem Sinne spricht auch eine Beobachtung, die ich bei der Versuchsperson B (Schwerarbeiter mit starker Verhornung!) machen konnte. Der elektrische Widerstand war nach kurzem Zuwarten von 15 Sekunden viel kleiner geworden als er im Anfang des Versuches war; die Leitfähigkeit und somit die Schweißmenge zwischen den Elektroden war rascher gestiegen als bei den übrigen Versuchspersonen.

Ein Problem für sich ist die Frage nach der Ursache der bei stärkerer Verhornung vermehrt einhergehenden Schweißsekretion. Ich selbst möchte annehmen, daß infolge der größeren Spannung der Haut (wie sie ja mit einer Verhornung einhergeht) ein mechanischer Reiz auf die Knäueldrüsen ausgeübt wird und daß dieser Reiz von ihnen mit vermehrter Schweißproduktion beantwortet wird. Vielleicht hängt die Mehrsekretion auch mit einer besseren Durchblutung der mehrbeanspruchten Finger zusammen. Das soeben Gesagte soll allerdings nichts anderes sein als eine bloße Vermutung.

Wenn ich den Ohmschen Widerstand, nach Entfernung der Lipoide der Haut mittels Äther, maß, so erhielt ich ungefähr die gleichen Ergebnisse wie bei der nicht behandelten Haut, ein Beweis dafür, daß auch nach Entfernung der Lipoide die Sekretion ihren normalen Fortgang nimmt.

Tabelle 9

	Versuchsperson C (Student)					Versuchsperson D (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	220	279	364	385	335	152	134	327	525	657
	235	279	342	350	313	233	400	317	279	762
	231	285	381	367	320	143	203	252	525	395
	233	276	400	405	331	163	209	268	410	364
Mittelwerte	229	279	372	376	324	169	212	288	410	502

	Versuchsperson E (Student)					Versuchsperson F (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	260	281	762	880	3233	211	291	291	376	400
	281	294	681	1011	2531	216	252	285	405	426
	268	297	614	1011	2173	212	282	282	410	346
	276	288	706	987	2074	225	260	310	354	291
Mittelwerte	270	291	681	964	2400	216	265	291	385	359

Setzte ich die Fingerhaut heißer, trockener Luft aus, so zeigte sich nach einer anfänglich (nur kurze Zeit dauernden) geringeren Leitfähigkeit bald ein schnelles Absinken des Widerstandes, was

sich durch die einsetzende Verstärkung der Schweißsekretion ohne weiteres erklären läßt.

Es soll hier nicht verschwiegen werden, daß ich dieses eindeutige Ergebnis in Form eines gesetzmäßigen Ansteigens des Ohmschen Widerstandes nach dem kleinen Finger hin nicht bei allen Versuchspersonen erhielt. Betrachten wir die Ergebnisse der Versuchspersonen A und B, so finden wir besonders bei ersterer völlig unregelmäßige Werte, die höchstens wiederum zeigen, daß der Daumen gegenüber den übrigen Fingern den kleinsten Widerstand aufweist. Wenn nun sonst allgemein eine Gesetzmäßigkeit besteht, dann läßt sich vorerst nicht entscheiden, auf was diese Ausnahmen beruhen. Die etwas unregelmäßigen Ergebnisse bei Versuchsperson B (Schwerarbeiter) sind bei genauerer Überlegung verständlich; wir können von einem Menschen, der infolge seines Berufes eine an allen Fingern fast gleich starke Verhornung aufweist, nicht die gleichen Ergebnisse (das heißt zunehmende Widerstandsgrößen für den elektrischen Strom) verlangen wie bei den übrigen Versuchspersonen.

Tabelle 10

	Versuchsperson A (Studentin)					Versuchsperson B (Schwerarbeiter)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	193	212	152	178	209	297	108	209	166	212
	138	245	212	146	162	291	120	222	127	198
	132	186	124	166	229	196	132	120	194	257
	144	212	209	141	113	240	164	152	139	270
						233	128	163	131	235
						273	131	170	111	260
Mittelwerte	—	—	—	—	—	253	129	160	143	235

Schweißproduktion und Barfußgehen.

Nach den Ergebnissen des letzten Abschnittes scheint es kaum mehr zweifelhaft zu sein, daß die Schweißproduktion mit der Stärke der Verhornung parallel geht. In diesem Zusammenhang dürfte es einen gewissen Reiz bieten, zu untersuchen, wie das Barfußgehen dem Fußschweiß entgegenwirkt.

Schon Hyrtl[8]) erzählt folgenden Fall: „Ein Mädchen, welches an stark riechenden Fußschweißen litt, wurde davon geheilt, als sie täglich einige Stunden mit bloßen Füßen auf mit grobem Sand bestreuten Gartenwegen spazieren ging."

[8]) I. Hyrtl: Handbuch der topographischen Anatomie, 3. Auflage, Bd. 2, S. 495.

Eine solche Heilung beruht aber nicht — wie man vielleicht aus der Angabe von Hyrtl herauslesen könnte — auf einer übermäßigen Verhornung, so wie sie an abgearbeiteten Händen auftritt. Das geht schon aus den Angaben der neueren Literatur[9]) hervor, wonach beim Barfußgehen gerade die starken Hornsubstanzanhäufungen, die sich vielfach am bekleideten Fuß finden, mechanisch beseitigt werden. Es verhält sich vielmehr so, daß der übermäßige Fußschweiß, abgesehen von nervösen Störungen, auf einer Schwäche des Stützgewebes[10]) des Fußes beruht, das bekanntlich durch Barfußgehen gekräftigt wird.

Übrigens bin ich auf Grund meiner persönlichen Erfahrungen zu der Überzeugung gekommen, daß in einer großen Anzahl solcher Fälle nur eine Scheinheilung besteht, daß heißt, daß der vorher vorhandene Schweißfuß in der Zeit des Barfußgehens wegen des dauernden Trocknens nicht zur Geltung kommt, das heißt nicht empfunden wird und erst wieder merkbar auftritt, sobald Schuhwerk getragen wird. Dafür sprechen die mir von einigen Kollegen (die im Arbeitsdienst oft den ganzen Tag barfuß gingen) übereinstimmend gemachten Angaben, daß sie während der Dauer ihrer Arbeitsdienstzeit nichts von ihrem Schweißfuß gemerkt hätten, wohl aber wieder in der Zeit danach.

Daß ein bestehender Schweißfuß während des Barfußgehens im Freien nicht zur Geltung kommt, liegt daran, daß durch das Barfußgehen eine fast augenblickliche Verdunstung des im Schweiße enthaltenen Wassers eintritt, sodaß die im Fußschweiß physiologisch vorhandenen Mengen der niederen Fettsäuren gezwungen sind auszukristallisieren bzw. auszuflocken. Die Staubpartikelchen des Bodens, die wie das Talkum des Arztes wirken, helfen dabei mit.

Von weit größerer Bedeutung ist die rein mechanische Beseitigung des Schweißes und oberflächlicher von Schweiß durchtränkter Epidermiszellen durch den rauhen Fußboden, der wie eine Feile wirkt.

Eine Zersetzung des Schweißes beim Barfußgehen tritt also überhaupt nicht ein, ein Umstand, der einen bestehenden Schweißfuß nicht wahrnehmen läßt.

Aus meinen Darlegungen dürfte hervorgehen, daß die vom Barfußgehen erhofften Dauerheilungsaussichten für die Schweißfuß vielfach überschätzt werden. Es wäre daher wünschenswert, diese Frage durch eingehende Untersuchungen zu klären.

---

[9]) Vergleiche A. Basler: Anpassung des Organismus an die Umwelt, Canton 1933. — E. Sauermann: Der bleibende Einfluß des Barfußgehens, Dissertation, Breslau 1936.

[10]) G. Hohmann: Fuß und Bein, 2. Auflage, 1934, S. 338.

Abhängigkeit des Haftungswiderstandes von den Hautlipoiden.

Nachdem die elektrische Widerstandsmessung eine verschieden starke Schweißproduktion der einzelnen Finger ergeben hatte, war natürlich jetzt die Frage von Bedeutung, ob mit der Vermehrung des wässerigen Bestandteiles des Schweißes gleichzeitig auch eine Zunahme der Hautlipoide Hand in Hand geht. Im folgenden wird durch eine quantitative Bestimmung der Lipoide der Fingerhaut diese Frage näher untersucht werden.

Reibt man die Fingerhaut gründlich mit einem äthergetränkten Wattebausch ab und mißt man nun den Haftungswiderstand, dann ist der Erfolg nicht bei allen Versuchspersonen gleich; bei den meisten (A, B, D und E) wurde er im Vergleich zur normalen Haut größer. Nur bei den Versuchspersonen C und F wurde der Haftungswiderstand kleiner. Vgl. Tabelle 11.

Tabelle 11

	Versuchsperson A (Studentin)					Versuchsperson B (Schwerarbeiter)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	186	183	170	230	200	88	100	133	148	138
	183	171	191	196	215	92	103	123	133	127
	182	188	187	189	202	72	144	128	147	139
	180	188	185	192	195	84	133	148	159	133
	172	183	189	196	200	97	118	138	148	153
						101	138	148	148	150
Mittelwerte	181	183	185	201	202	89	124	136	147	148

	Versuchsperson C (Student)					Versuchsperson D (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	102	100	110	106	104	138	173	203	198	173
	98	101	104	107	109	153	178	198	198	193
	96	95	112	100	99	138	178	188	188	178
	100	99	102	108	108	133	179	183	188	178
Mittelwerte	99	99	107	110	104	142	177	193	193	180

	Versuchsperson E (Student)					Versuchsperson F (Student)				
Digit.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	137	154	172	172	160	108	138	124	148	143
	129	147	188	188	143	117	128	138	153	148
	134	152	165	180	137	109	128	138	145	148
	142	140	169	170	136	112	128	132	143	145
						122	128	138	140	153
Mittelwerte	135	148	173	177	144	114	130	137	146	146

Durch Anwendung von Äther nimmt die Drüsensekretion selbst ihren normalen Fortgang. Sie wird höchstens etwas gehemmt durch die Verdunstungskälte. Die Haut wird aber von Lipoiden frei gemacht. Der Vergleich mit einem Wagenrad, dem man die Schmiere entzogen hat, liegt sehr nahe. So können wir sagen, bei den Personen A, B, D und E wird die Haut durch Lipoide „geschmiert" — der Reibungskoeffizient wird kleiner. Lassen wir genügend Zeit vergehen, das heißt, geben wir der Haut Gelegenheit, sich wieder mit Lipoiden anzureichern, so erhalten wir schließlich die Werte der normalen, das heißt unbehandelten Haut.

Für die Versuchspersonen C und F wurde durch Äthereinwirkung auf die Haut der Haftungswiderstand nicht größer, sondern kleiner. Hier ist wohl anzunehmen, daß die Haut als individuelle Eigentümlichkeit wenig Lipoide erzeugt. Dann kann auch deren völlige Beseitigung durch Äther nicht die starke Wirkung haben. Um so mehr würde dann aber der zweite Einfluß der Ätherabreibung ins Gewicht fallen, die Verdunstungskälte. Abkühlung der Haut bedingt nämlich ceteris paribus immer Herabsetzung des Haftungswiderstandes.

Daß ein Kleinerwerden des Haftungswiderstandes mit Abkühlung der Haut zusammenfällt, geht aus den Versuchen hervor, die ich bei kalten Fingern vorgenommen habe. Die Werte, die ich dabei erhielt, hingen von dem Grade der Kälteeinwirkung auf die Finger ab, das heißt je größere Kältegrade ich auf die Haut einwirken ließ, um so kleiner wurde der Haftungswiderstand der Haut. Das sind Ergebnisse, auf die schon Ruppelt aufmerksam gemacht hat.

Die Lipoide der Haut der Fingerbeeren.

Zur quantitativen Bestimmung der Lipoide wendete ich eine Reduktionsmethode an, die Ivar Bang zur Bestimmung des Blutfettes angegeben hat[11]). Selbstverständlich kann dieses Verfahren ebensogut zur quantitativen Bestimmung der Hautfette angewandt werden.

Das Prinzip dieses Verfahrens ist folgendes:

Chromsäure oxydiert Fette zu niederen Fettsäuren und Co_2, wobei sie selbst zu Chromioxyd reduziert wird. Da die reduzierte Chromsäuremenge bei gleichen Versuchsbedingungen (Temperatur) der Fettsäuremenge proportional ist, kann man ohne weiteres durch Bestimmung der verbrauchten Chromsäuremenge die Fettsäuremenge berechnen. Der nicht reduzierte Teil der

[11]) Ivar Bang: Verfahren zur titrimetrischen Lipoidbestimmung, und: Ivar Bang: Mikrobestimmung der Blutlipoide, Bioch. Ztschr. 91, 1918.

im Überschuß zugesetzten Chromsäure wird jodometrisch zurücktitriert.

Der Reduktionskoeffizient, das heißt die Zahl der ccm n 10 Chromsäurelösung, die durch 1 mg Fett (zum Beispiel Trioleïn) reduziert werden, beträgt nach Bang 2,45[12]). Aber nicht nur Fett als solches, sondern auch überhaupt alle Lipoidstoffe, also auch freies Cholesterin und Cholesterinester, wie sie auf der Haut vorkommen, besitzen genau dasselbe Reduktionsvermögen.

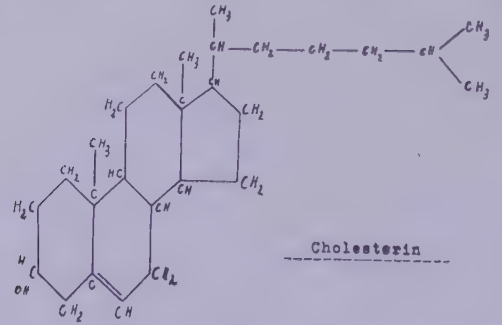

Abb. 5

Da sowohl die Seitenkette des Cholesterins als auch die gerade Kette der Fettsäurenkohlenstoffe beim Abbau die gleiche Anzahl von C-Gruppen durch Bildung von CO_2 verlieren, so wird durch dieses Verfahren die Gesamtmenge an Lipoiden exakt quantitativ bestimmt.

Die Volarfläche aller Fingerendglieder wurde mit flüssigem Celluloid bestrichen, unter Freilassung einer kreisförmigen Fläche von 12 mm Durchmesser; nur diese konnte Schweiß absondern. Auf dieser Fläche wurde ein kleines Stück entfettete (vorher in Äther gekochte) Watte mit Heftpflaster befestigt, unter Zwischenschaltung eines Streifens Zinnfolie.

Nach 15 Stunden entfernte ich die Watte, die nun neben dem Schweiß die innerhalb dieser Zeit produzierten Lipoide enthielt.

Zur Extraktion der Lipoide aus der auf die Fingerbeere aufgelegten Watte benutzte ich einen Durchfluß-Extraktor[13]), wie ihn Abbildung 6 auf Seite 19 zeigt. Der Kolben (K) wird mit 5 ccm Äther beschickt. Der Extraktionsaufsatz (E) dient zur

[12]) Diese Zahl ist von Bang als Umrechnungsfaktor bei Zimmertemperatur gewonnen worden und würde bei Kochen infolge der Gesamtoxydation des Moleküls zu CO_2 und H_2O wesentlich höher werden!

[13]) An dieser Stelle sei Herrn Dr. Peukert vom chemischen Institut der Universität Breslau für die liebenswürdige Überlassung des Extraktionsapparates herzlich gedankt.

Aufnahme einer Filterhülse (F), in die vorher das die Lipoide enthaltende Wattestückchen eingeschoben wird. Danach wird der Kühler (Kü) aufgesetzt und der Kolbenhals auf dem Wasserbade erwärmt. Die reine, warme (kondensierte) Extraktionsflüssigkeit tropft ständig auf die Watte. Die lipoidhaltige Flüssigkeit fließt langsam durch das Filter und gelangt in den Kolben zurück. Die Extraktion wird so lange vorgenommen, bis man annehmen kann, daß das Wattestückchen erschöpfend extrahiert ist. Die Apparatur erlaubt außerdem die Entnahme von Extraktionsflüssigkeit durch Umschaltung des Doppelweghahnes. Verdunstet ein Tropfen Lösungsmittel ohne Hinterlassung eines Rändchens von Trockensubstanz auf einer schwarzen Scheibe, so ist die Extraktion vollkommen. Dies war bei Blindversuchen nach etwa 20 Minuten der Fall. Die Probeentnahme bei den zur Titration benutzten Extraktionen wurde nach Verlauf dieser Zeit vorgenommen und ergab jedesmal, daß die Extraktion vollkommen war.

Abb. 6

Es ist unbedingt erforderlich, vor Beginn der eigentlichen Extraktion zwecks restloser Entfernung etwaiger Fettspuren oder sonstiger Verunreinigungen, besonders an den Schliffen der Apparatur und in der Filterhülse, ungefähr eine Stunde lang eine Leerextraktion mit ungefähr 50 ccm Äther vorzunehmen. Die Extraktion der Lipoide nahm ich mit chemisch reinem Äther [14]) vor. Dieser Lösung wurde, um den Oxydationsprozeß zu beschleunigen, ungefähr 1 ccm einer einprozentigen Alkalilösung zugesetzt. Da der als Lösungsmittel dienende Äther selbst von der Chromsäure oxydiert wird, mußte ich ihn durch Erhitzen entfernen. Die dabei

[14]) Zu diesen Versuchen wurden die Schering-Kahlbaumschen Reagenzien pro analysi benutzt.

entstehenden freien Fettsäuren verbinden sich mit dem zugesetzten Alkali zu Seifen, ebenso werden Cholesterinester in Alkalisalze ihrer Säurekomponente und freies Cholesterin gespalten. Die Mischung wurde so lange auf dem Sandbade oder in heißem Wasser erhitzt, bis der Äthergeruch völlig geschwunden war.

Nun wurde eine bestimmte Menge von n/10 Kaliumchromatlösung (3—5 ccm) zugesetzt, sowie 7,5 ccm H_2SO_4, (rein konzentriert), um nicht nur die zur Oxydation nötige Chromsäure in Freiheit zu setzen:

$$K_2\,CrO_4 + H_2\,SO_4 = K_2\,SO_4 + \underline{CrO_3 + H_2O}\ ^{15})$$

sondern um die Fettsäuren aus ihren Alkalisalzen (unter Bildung von Alkalisulfaten) frei zu machen:

$$2\,Na\,OOC - R + H_2\,SO_4 = \underline{2\,HOOC - R} + Na_2\,SO_4$$

Bei der Reduktion des CrO_3 durch die Fettsäuren entsteht dreiwertiges Chrom:

$$4\,Cr\,0_3 = 2\,Cr_2\,0_3 + 3\,0_2$$

Jetzt ist aber in der Lösung trotz der Umwandlung des Chromates in Chromsäure und trotz Entseifung der Fettsäuren immer noch ein Überschuß von Schwefelsäure vorhanden. Dieser Überschuß dient zur Bildung von grünem Chromisulfat, $Cr_2\,(SO_4)_3$:

$$Cr_2\,O_3 + 3\,H_2SO_4 = 3\,H_2O + Cr_2\,(SO_4)_3$$

Da im Laufe der Umsetzungen die Wertigkeit des Chroms von VI auf III heruntergeht, muß man zur Herstellung einer n/10 K_2CrO_4-Lösung $^1/_{30}$ Mol K_2CrO_4 einwägen, das heißt 6,473 g.

Blieb die Farbe noch gelb oder wurde sie nur grüngelb, so war genügend Chromatlösung zugesetzt. Schlug sie aber in rein grün um, so war das ein Zeichen dafür, daß alle Chromatlösung unter Bildung von grünem Chromisulfat verbraucht war und erneut zugesetzt werden mußte, bis die Mischung wieder eine gelbliche Farbnüance annahm.

Nun wartete ich einige Minuten, bis ich annehmen konnte, daß die Reaktion beendet war, und fügte danach destilliertes Wasser ad 100—150 ccm zu. Nach Zusatz von ungefähr 2 ccm einer fünfprozentigen Jodkalilösung (aus der die übriggebliebene Chromsäure eine entsprechende Menge freies Jod entwickelte) und einiger Tropfen Stärkelösung als Indikator [16]) titrierte ich

---

[15]) Die H_2CrO_4 ist nur in Lösung bekannt und liefert beim Verdampfen des Wassers ihr Anhydrit (CO_3). Deshalb ist dieses in der Reaktionsgleichung angeführt. (Auch weil in der organischen Chemie CrO_3 als Oxydationsmittel d i r e k t benutzt wird.)

[16]) Die Polysaccharide in der Stärke bilden mit freiem Jod einen Farbstoff bisher unbekannter Konstitution. Seine Bildung ist eine sehr empfindliche Reaktion auf freies Jod.

nun mit n/10 Natriumthiosulfatlösung, bis die blaue Jodstärkefärbung in die blaßgrüne Färbung verdünnter $Cr_2(SO_4)_3$-Lösung umschlug.

Aus den zugesetzten ccm der n/10 Chromatlösung und der verbrauchten Menge der n/10 Thiosulfatlösung konnte ich unter Benutzung des von Ivar Bang empirisch festgestellten Faktors [17]) leicht die Lipoidmenge berechnen. Ich erhielt für die einzelnen Versuchspersonen folgende Ergebnisse:

Tabelle 12.

Versuchsperson	Finger				
	I	II	III	IV	V
A	0,97	0,92	0,89	0,90	0,87
B	4,02	3,78	3,60	3,62	3,58
C	2,69	2,44	2,00	1,75	1,83
D	2,03	1,96	1,79	1,81	1,80
E					
F	1,44	1,41	1,39	1,34	1,34

Bezüglich dieser Zahlen möchte ich betonen, daß es sich nicht um absolute, sondern nur um relative Werte handelt, da der oxydative Abbau bei vorliegenden Versuchsbedingungen (vor allem Temperatur) kein vollständiger ist, sondern nur immer bis zu einem bestimmten Punkte geht. Wenn man einen Umrechnungsfaktor zum Beispiel für 100° aufstellen würde, ähnlich der von Bang für Zimmertemperatur angegebenen Konstanten für die Umrechnung, so würden sich bei der Ausrechnung für die Lipoidmenge etwas andere Zahlen ergeben, da dann ein Gesamtabbau auch des Cholesteringerüstes zu CO_2 und H_2O eintreten würde; doch diese Tatsache ist hier aus schon erwähnten Gründen völlig belanglos.

Wie wir sehen, weist der Daumen in jedem Falle die größte Lipoidmenge auf, die dann nach dem kleinen Finger zu abnimmt. Diese Abnahme erfolgt allerdings nicht mit mathematischer Regelmäßigkeit, doch das können wir schließlich auch nicht erwarten, denn wir dürfen nicht vergessen, daß es Milligramme sind, die gemessen werden sollen, und daß allergeringste nicht wahrnehmbare und auch oft nicht vermeidbare Verunreinigungen die Ergebnisse stark beeinträchtigen können. Immerhin ist es augenfällig, daß Daumen und Zeigefinger weit größere Werte aufweisen als die übrigen Finger, d. h. also: auch die Lipoidbildung ist bei stärkster Verhornung (wie sie ja bei den am meisten beanspruchten Fingern, d. h. Daumen und Zeigefinger, zweifelsohne auftritt) vermehrt. Diese Tatsache ist eigentlich nicht weiter verwunderlich, wenn

[17]) loco citato.

wir uns die am Anfang gemachten Ausführungen über die Histochemie der Haut noch einmal vergegenwärtigen, wo wir gesehen haben, daß die Bildung von ölsauren Cholesterinestern aus freiem Cholesterin und Ölsäure Hand in Hand mit der Verhornung geht [18]).

Vergleichen wir die Lipoidmengen sowohl mit dem elektrischen als auch mit dem Haftungswiderstand, so stellen wir beide Male, abgesehen von den erwähnten Ausnahmen, einen Parallelismus fest, der nach dem Vorhergesagten ohne weiteres erklärbar ist.

Hervorzuheben sind bei den Versuchsergebnissen die großen individuellen Schwankungen der Lipoidmengen zwischen den einzelnen Versuchspersonen. Vergleichen wir zum Beispiel die Ergebnisse der Versuchsperson A mit denen von B, so sehen wir, daß B in derselben Zeit ungefähr die vierfache Menge der Lipoidstoffe abgesondert hat wie A. Diese Tatsache ist an sich nicht weiter verwunderlich, denn es ist ja eine Erfahrung des täglichen Lebens, daß es Menschen mit abnorm „fettiger" Haut gibt, sodaß man geradezu den Eindruck hat, als seien diese Stellen ständig mit Öl eingerieben, wieder andere klagen über eine abnorm trockene (und dadurch rissige) Haut, der sie sogar Fett zuführen müssen.

Vergleichen wir weiter die ausgeschiedenen Lipoidmengen von A und B mit ihren an der normalen Haut gewonnenen Haftungswiderständen, so fällt auf, daß A bei kleinster Lipoidmenge den größten, B bei größter Lipoidmenge den kleinsten Haftungswiderstand von allen Versuchspersonen aufweist. Ob hier eine Gesetzmäßigkeit oder nur eine Zufälligkeit vorliegt, ist schwer zu entscheiden, schon deshalb, weil es sich bei Versuchsperson A um eine Studentin mit zarter Haut, bei Versuchsperson B um einen Schwerarbeiter mit stark verhornter Haut handelt und infolgedessen die große Differenz der Haftungswiderstände schon allein dadurch erklärbar wäre.

[18]) Vergleiche auch Seite 8 und 9.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Der Haftungswiderstand ist am größten auf der Hohlhand und der Fußsohle, dann schließen sich die übrigen Teile des Körpers mit wesentlich geringerem Reibungswiderstand an.
2. Auch der Haftungswiderstand der Haut der einzelnen Finger ist nicht gleich.
3. Seine Größe ist abhängig sowohl von der Verhornung der Haut, als auch von dem Grade der Schweißdrüsensekretion.
4. Diese Schweißdrüsensekretion hängt ihrerseits wieder zum Teil von dem Grad der Verhornung der Haut ab, das heißt also, es besteht ein Parallelismus zwischen Verhornung und Schweißsekretion.
5. Der Haftungswiderstand der Haut läßt sich sowohl bei Abkühlung derselben (aufgehobene Sekretion) als auch bei starker Erwärmung (übermäßige Sekretion) herabsetzen.
6. Die Entfernung der „Hautfette" hat ein Größerwerden des Haftungswiderstandes zur Folge.
7. Eine quantitative Lipoidbestimmung der Haut ergab ebenfalls eine Abhängigkeit von dem Grad der Verhornung, insofern, als stärkere Verhornung (Daumen, Zeigefinger) mit vermehrter Lipoidbildung einherging.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich noch Herrn Professor Dr. Basler für die Anregung zu dieser Arbeit und seine jederzeit bereitwillige Unterstützung meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Ich, Gerhard Kalinowski, wurde als Sohn des Werkmeisters Alois Kalinowski am 17. Februar 1908 zu Apolda (Thüringen) geboren.

Nach Besuch der Vorschule meiner Vaterstadt und der Oberrealschule zu Beuthen O.-S., die ich Ostern 1931 mit dem Zeugnis der Reife verließ, studierte ich Medizin in Wien, Innsbruck und Breslau. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Herbst 1934 in Breslau, das medizinische Staatsexamen am 29. Januar 1938 ebenfalls in Breslau.

Mein praktisches Jahr begann ich am Staatlichen Gesundheitsamt zu Hindenburg O.-S. am 1. Februar 1938; seit dem 1. Juli 1938 praktiziere ich an der I. medizinischen Universitätsklinik der Charité in Berlin.